

dr inż. Jerzy Trzeszczyński, prezes zarządu Przedsiębiorstwa Usług Naukowo-Technicznych PRO NOVUM Spółka z o.o.

WYDŁUŻANIE CZASU PRACY URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH

– strategia bez alternatywy

Wydłużanie czasu pracy długoeksploatowanych urządzeń to w równym stopniu konieczność, jak i techniczno-ekonomicznie uzasadniona potrzeba. Alternatywą dla wydłużania eksploatacji powinno być budowanie nowych źródeł. Rzecz w tym, że elektrownie skarbu państwa mogą występować raczej w roli deweloperów niż inwestorów, a inwestorzy zagraniczni czekają na bardziej atrakcyjne warunki do budowania nowych bloków energetycznych. „Stare” bloki trzymają się mocno, a raczej mogłyby się trzymać mocno gdyby kolejne, wykładniczo rosnące wymagania ekologiczne nie prowadziły do wykluczenia ich z rynku. Brak strategii dla sektora elektroenergetyki, brak rynku po dwóch latach od...uwolnienia rynku, szum informacyjny wytworzony przez dostawców urządzeń m.in. licytujących z dnia na dzień coraz bardziej odległy termin realizacji zamówień, ekologów przeliczających każdą tonę CO₂ na wielkość wzrostu temperatury na... Antarktydzie oraz przeróżnych ekspertów i analityków sprawia, że pole dla racjonalnych działań sektora jest znacznie ograniczone.

Mimo wszystko, nawet w takich warunkach, w środku wielkiego kryzysu światowego, gdy sprzedaż energii spada, taryfy maleją, a banki raz po raz ogłaszają nowe restrykcje kredytowe, entuzjazm dla budowania nowych źródeł niewiele zmalał. Nawet ci, których stać wyłącznie na finansowanie inwestycji długim, wykazują spory entuzjazm w tym zakresie.

Mówić o budowaniu, a budować to jednak zasadnicza różnica. Nowe bloki zaczną, w większej liczbie, powstawać pewnie począwszy od 2016-18 r., gdy kolejne wymagania ekologiczne uniemożliwią pracę starych urządzeń. To jednak nie koniec niewiadomych. Nowe bardzo sprawne bloki (ca 50%) bardzo szybko mogą zmniejszyć swoją sprawność do poziomu nawet dzisiaj uchodzącego, za żałośnie niski (ca 30%), jeśli nikt nie wymyśli technologii CCS bardziej ekonomicznie sensownych od dzisiaj testowanych. To oznacza, że ryzyko zarówno dla tych którzy będą budować nowe źródła jak i tych, którzy zdecydowali się wydłużać czas pracy starych bloków jest znaczny. Jednych i drugich mimo wszystko nie powinno opuszczać przeświadczenie, że postępują prawidłowo, w przeciwnym razie prąd zaczniemy importować i reglamentować.

■ Wydłużanie czasu pracy urządzeń energetycznych – historia koncepcji

Można zaryzykować pogląd, że wydłużanie czasu pracy urządzeń jest prawie tak stare jak energetyka. Gdy czas pracy podstawowych urządzeń zaczął przekraczać 100.000 godzin, wtedy zaprojektowane na ten właśnie czas urządzenia zaczęto diagnozować pod kątem określenia warunków ich dalszej eksploatacji. Przekraczanie bariery czasu pracy w postaci 200.000 godzin także traktowano jako wydłużanie czasu eksploatacji. Bardzo podobne stawa się zadanie teraz, gdy poprzeczkę oczekiwań podnosi się do poziomu nawet 350.000 godzin pracy. Czy coś odróżnia przekraczanie poszczególnych „barier” czasu pracy? Czy wydłużać czas pracy urządzeń energetycznych można bez końca?

Pierwszym i najprostszym pomysłem na wydłużenie eksploatacji było obniżenie parametrów pracy. Ulga jakiej doznały w ten sposób elementy pracujące w warunkach pełzania była ogromna. Uwzględniając prawa termodynamiki nie był to na pewno sukces, ograniczano istotnie sprawność, jednak dla urządzeń elektrociepłowni pracujących w kogeneracji korzyści przewyższały straty. Nadal pracują w krajowych elektrociepłowniach urządzenia, których czas pracy dawno przekroczył 300.000 godzin. Dla energetyki zawodowej dysponującej blokami powyżej 100 MW koncepcja j.w. była i jest nie do przyjęcia. Skutecznym technicznie i atrakcyjnym ekonomicznie sposobem na dalszą eksploatację takich bloków (urządzeń) okazało się:

- usuwanie przyczyn uszkodzeń z powodu błędów konstrukcyjnych,
- stosowanie bardziej skutecznych technologii remontowych, w tym:
 - regeneracji,
 - rewitalizacji,
- stosowanie profilaktyki,
- łagodzenie skutków stanów niestacjonarnych.

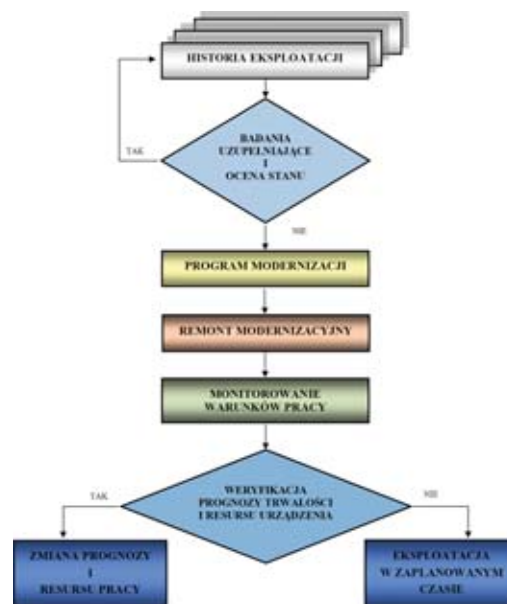
Po latach eksploatacji „starych” bloków okazało się, że pomimo niższej sprawności mają one szereg atutów:

- trwałość krytycznych elementów kotłów (walczaki) i turbin (wirniki, kadłuby, komory zaworowe) może przekroczyć 300.000 godzin [1],
- elementy uszkodzone stosunkowo łatwo i tanio można naprawiać, regenerować i rewitalizować,
- po wyposażeniu ich w nowoczesną automatykę można je komfortowo i bezpiecznie eksploatować,
- po wyposażeniu ich w odpowiednio sprawne elektrofiltry oraz instalacje odsiarczania i redukcji tlenków azotu spełniają wszystkie – rozsądnie zdefiniowane – wymagania ekologiczne.

■ Długoeksploatowane bloki energetyczne – fakty i mity

Dosyć często w mediach można spotkać opinię, że znaczna część polskiej energetyki to obiekty muzealne lub/i nadające się na złom. Wszyscy, chociaż trochę zorientowani w stanie polskich elektrowni wiedzą, że tzw. „stare” bloki energetyczne to, w rzeczywistości obiekty w których wymieniono nawet do 70% części ciśnieniowej kotłów, wymieniono części niskoprężne turbin oraz orurowania skraplaczy, wybudowano instalacje odsiarczania spalin i redukcji NO_x. W wariacie najbardziej ambitnym, przed upływem 200 tyś. godzin wymieniono m.in. części WP, SP, NP turbin oraz główne rurociągi parowe, części ciśnieniowe kotłów, podnosząc jednocześnie parametry pracy. Nazywanie tak zmodernizowanych bloków energetycznych j.w. „starymi” to szczyt przewrotności... lub ignorancji.

Długa, często bardzo długa eksploatacja bloków energetycznych (z uwzględnieniem ich modernizacji j.w.) nie jest polskim wynalazkiem. Takie bloki eksploatowane są w krajach (m.in. USA, Japonia) nie tylko od nas bogatszych.



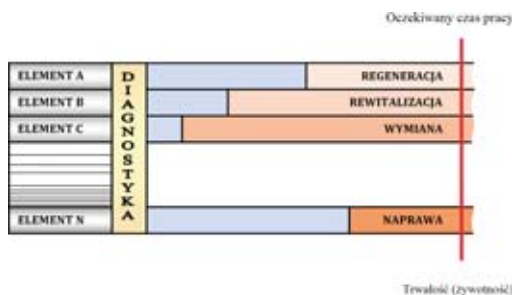
Rys. 1. Schemat strategii wydłużania czasu pracy z uwzględnieniem faz: planowania, realizacji i nadzoru nad warunkami eksploatacji

■ Ogólne warunki wydłużania czasu pracy urządzeń ciepłomechanicznych elektrowni

Prace studialne poprzedzające do stosowanie bloków do wydłużenia czasu pracy powinny obejmować zagadnienia:

- strategiczne - wizja pracy elektrowni w długim horyzoncie czasowym min. 20 lat,
- ekonomiczne - dostępność i ceny paliwa,
 - taryfy,
 - stopy zwrotu inwestycji,
 - warunki kredytowania inwestycji,
 - koszty modernizacji,
 - koszty utrzymania majątku produkcyjnego,
 - koszty ekologiczne,
- techniczne - aktualny stan urządzeń,
 - aktualny stopień spełnienia wymagań ekologicznych oraz w dającej się przewidzieć przyszłości,

- przegląd dostępnych technologii remontowych zapewniających wymagany czas pracy urządzeń,
- zakres remontów i modernizacji zapewniających spełnienie oczekiwań zdefiniowanych na poziomie strategicznym i ekonomicznym.



Rys. 2. Możliwe sposoby wydłużania czasu pracy elementów urządzeń energetycznych

Ogólny schemat procesu dot. zagadnień technicznych wydłużania czasu pracy przedstawiono na rys. 1. Ocena aktualnego stanu urządzeń posiada znaczenie podstawowe. Stan techniczny bloku musi być określony w remoncie poprzedzającym remont modernizacyjny. Żeby zweryfikować możliwość wydłużenia pracy na określony czas, przy możliwie niskich nakładach, jednak przy spełnieniu wszystkich oczekiwań eksploatacyjnych (warunki pracy, dyspozycyjność, koszty utrzymania) należy wykonać badania diagnostyczne w odpowiednim czasie i zakresie [2].

Aktualnie znanych i sprawdzonych jest szereg technologii możliwych do wykorzystania w remontach modernizacyjnych (rys. 2):

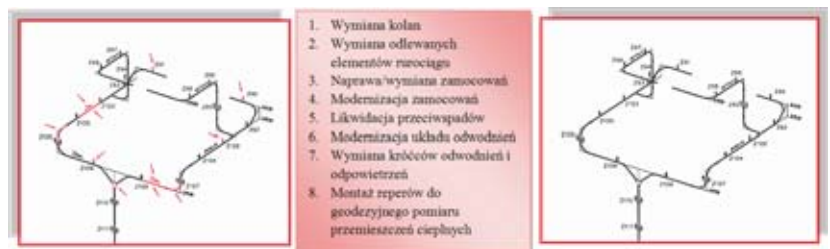
- rewitalizacje stalowych elementów turbin (kadłubów, komór zaworowych i obejm) [3],
- rewitalizacje walczków kotłów połączone z modernizacjami zwiększającymi trwałość [4],
- wydłużanie czasu pracy rurociągów parowych [5],
- regeneracja tarcz kierowniczych,
- wydłużanie czasu pracy długook-

- splotowanego [6] oraz nowego [7] orurowania skraplaczy,
- regeneracja układów łopatkowych turbin [8].

W zależności od rodzaju i wariantu technologii można zwiększyć trwałość krytycznych elementów turbin i kotłów nawet o ca 100.000 godzin.

o niedopuszczalnych wartościach, pęknięcia oraz zmiany mikrostruktury.

Elementy pracujące poniżej temperatury granicznej podlegają lokalnym uszkodzeniom, bez istotnych zmian własności materiału. Takie elementy mogą być zazwyczaj naprawiane wielokrotnie, zwłaszcza wtedy gdy uszkodzenia zostaną wykryte odpowiednio wcześniej.



Rys. 3. Przykład ogólnej koncepcji modernizacji głównych rurociągów parowych w celu wydłużenia ich czasu pracy

Wydłużanie czasu pracy głównych rurociągów parowych może w odpowiedni sposób łączyć klasyczny remont, modernizację (system zawiesznień) oraz wymiany elementów najbardziej wyczerpanych (kolana, kształtki) (rys. 3). Korzyści w takich przypadkach biorą się z możliwości uniknięcia kosztów zbędnych wymian. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że za cenę nie przekraczającą 30% nowego elementu (kadłuby turbin) lub instalacji (np. główne rurociągi parowe) można wydłużyć czas pracy o ca 100.000 godzin.

■ Technicznie uwarunkowane limity wydłużania czasu pracy

Trwałość elementów pracujących w warunkach pełzania jest ograniczona. Jeśli ryzyko uszkodzenia takich elementów przekracza 70% powinny zostać wymienione. W blokach energetycznych na parametry obniżone ($p = \text{ca } 9 \text{ MPA}$, $t = \text{ca } 500^\circ\text{C}$) po przepracowaniu ca 320.000 godzin ryzyko to nie przekracza 50%. Z identyczną sytuacją można się liczyć na blokach 200 MW, które przepracowały ca 250.000 godzin. Jednym z łatwych do wykrycia objawów wyczerpania trwałości są trwałe deformacje

Skutkiem długotrwałej eksploatacji najważniejszych elementów krytycznych (wirników WP i SP, elementów stalowych, możliwe, że także walczków ze stali 15NCuMnNb może być wzrost kruchości objawiający się m.in. przesunięciem temperatury przejścia w stan kruchości w kierunku wyższych temperatur.

Bez wątpliwości zjawiska te muszą być przedmiotem odpowiednio zaplanowanych badań diagnostycznych oraz takiego prowadzenia eksploatacji aby niebezpieczny poziom naprężeń występował powyżej temperatury przejścia w stan kruchości.

■ Warunki pracy urządzeń jako ważna okoliczność limitująca trwałość i bezpieczeństwo pracy

Błąd określania trwałości (żywności) elementu metodą obliczeniową wynosi ok. $\pm 30\%$. Dla elementów długoeksploatowanych rzeczywisty stan materiału (obecność pęknięć, zmiany w strukturze, deformacje) jest najważniejszym kryterium rozstrzygającym o stanie technicznym elementu. Wyniki obliczeń stopnia wyczerpania trwałości oraz propagacji pęknięć zmęczeniowych i kruchych mają więc na ogół charakter

orientacyjny i wymagają prawie zawsze weryfikacji za pomocą odpowiednio zaplanowanych badań diagnostycznych.

Dobór właściwych metod badań (także niszczących) ma podstawowe znaczenie dla bezpiecznej pracy elementu (i urządzenia).

Sytuacja opisana wyżej bierze się nie tylko z niedoskonałości metod obliczeniowych, ale także z:

- indywidualnych cech geometrycznych, materiałowych i technologicznych poszczególnych elementów,
- indywidualnych warunków pracy elementów.

Drugi warunek jest często niedoświadczany. Warunki pracy sprowadza się na ogół do czasu pracy, łatwiej identyfikowalnych stanów niestacjonarnych (uruchomienia/odstawienia) oraz temperatur (rzadko kiedy rzeczywistych). Dla elementów eksploatowanych w końcowej części rezerwu nie można sobie na to pozwolić. Prognozy powinny być ciągłe lub okresowo weryfikowane na podstawie odpowiedniej analizy rzeczywistych warunków pracy (rys. 4). Instalowane od pewnego czasu systemy informatyczne [9] umożliwiają to w sposób automatyczny, a nawet zdalny [10].

■ Podsumowanie

Uwzględniając opisaną wyżej sytuację polskiej elektroenergetyki istotnym elementem jej strategii, praktycznie bez alternatywy, muszą być kolejne przedsięwzięcia zmierzające do wydłużania czasu pracy podstawowych urządzeń elektrowni. Przy obecnej wiedzy i doświadczeniach, także zagranicznych, czas pracy najbardziej odpowiedzialnych elementów krytycznych bloków energetycznych: wirników turbin i generatorów oraz walczaków kotłów może przekroczyć 350.000 godzin przy spełnieniu n/w warunków:

- pozytywny wynik oceny stanu technicznego,
- odpowiedni do stanu technicznego zakres napraw, regeneracji i rewitalizacji,



Wydłużenie czasu pracy starych bloków energetycznych to jeszcze jedna szansa, aby wreszcie przygotować dla krajowego sektora elektroenergetycznego długookresową, realistyczną strategię

- odpowiedni nadzór nad warunkami eksploatacji w wydłużonym okresie pracy bloku,
- dostosowanie urządzeń do spełnienia wymagań ekologicznych w planowanym okresie eksploatacji.

Wydłużenie czasu pracy starych bloków energetycznych to jeszcze jedna szansa, aby wreszcie przygotować dla krajowego sektora elektroenergetycznego długookresową, realistyczną strategię. Samo wydłużanie czasu eksploatacji, jeśli dotyczy okresów ca 100.000 godzin i dłuższych powinno mieć także status strategii ze wszystkimi tego konsekwencjami.

■ Literatura

- [1] Dobosiewicz J.: *Problemy przedłużania eksploatacji urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrowni. Materiały konferencyjne X Sympozjum: Diagnostyka i Remonty Długooksploatowanych Urządzeń Energetycznych. Ustroń, Hotele "BELWEDER" 1-3.10.2008.*
- [2] Trzeczcyński J.: *Kiedy diagnostyka przynosi korzyści? Biuletyn Pro Novum Nr 3/2007. Energetyka Nr 12/2007.*
- [3] Dobosiewicz J., Stachura S., Trzeczcyński J., Grzesiczek E.: *Dotychczasowe doświadczenia związane z rewitalizacją korpusów turbin parowych. Biuletyn Pro Novum Nr 1/1996. Energetyka Nr 1/1996.*
- [4] Dobosiewicz J.: *Niektóre rodzaje uszkodzeń walczaków i zasady ich naprawy. Biuletyn Pro Novum Nr 3/1992. Energetyka Nr 9/1992.*



Rys. 4. Weryfikacja prognozy na podstawie bieżącej analizy warunków eksploatacji

[5] Brunné W.: *Modernizacja rurociągów pary świeżej w układzie kolektorowym zwiększająca elastyczność eksploatacyjną i zapewniająca oczekiwaną trwałość. Biuletyn Pro Novum Nr 2/2008. Energetyka Nr 12/2008.*

[6] Zbroińska-Szczuchura E., Dobosiewicz J.: *Diagnostyka materiałowa i cieplna skraplaczy. Biuletyn Pro Novum Nr 1/2000. Energetyka Nr 3/2000.*

[7] Gawron P.: *Pasywacja rurek mosiężnych na czas początkowej eksploatacji wymienników sposobem na ograniczenie ilości uszkodzeń korozyjnych. Materiały XII Konferencji: Udział Chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń. Szczyrk, 4-6.06.2008.*

[8] Grzesiczek E., Trzeczcyński J., Patyk K.: *Repair by welding of HP rotor blading on 12UP110 steam turbine. Weld Repaires in Petrochemical & Power Industry Seminar. London 14 December 2005.*

[9] Trzeczcyński J.: *Concept and Present state of implementation of LM System PRO® - The System supporting Maintenance of Thermo-Mechanical Power Equipment 3rd ETC Generation & Technology Workshop. Dublin, 30th October 2007.*

[10] Trzeczcyński J.: *Remote diagnostic systems for assessment of thermo-mechanical equipment of Power Plants. 2nd ECCO Creep Conference. Zurich - Szwajcaria 21-23.04.2009.*